

# ОПТИМИЗАЦИЯ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ МЕТОДОМ ПРЯМОЙ ПЕЧАТИ АППАРАТОВ ПРИ СУЖЕНИИ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ У ДЕТЕЙ

**Сайфутдинова Насибахон Улугбек кизи**

*Mагистр Etti University*

**Аннотация.** В данной работе представлено сравнительное исследование эффективности ортодонтического расширения верхней челюсти у детей с использованием цифровых технологий прямой 3D-печати аппаратов по сравнению с традиционными лабораторно изготовленными расширителями. Актуальность обусловлена потребностью повышения точности и комфорта лечения сужения верхней челюсти. Цель исследования – оценить клинические и субъективные результаты применения индивидуальных 3D-печатных аппаратов расширения по сравнению с классическим винтовым расширителем Hyrax. В исследование включены 30 пациентов (возраст 8–13 лет) с диагнозом поперечная недостаточность (сужение) верхней челюсти; они рандомизировано разделены на две равные группы. Сравнивались изменения ширины верхней челюсти, сроки изготовления аппаратов, а также субъективные оценки боли и комфорта. Результаты показали, что оба метода обеспечили значимое расширение зубных рядов и устранение перекрёстного прикуса (прирост межмолярной ширины около 6 мм,  $p<0,001$  относительно исходных значений). При этом в группе с 3D-печатными аппаратами отмечены преимущества: более короткие сроки изготовления ( $\approx 2$  дня против 7 дней,  $p<0,001$ ), точное прилегание конструкции без необходимости коррекции (0 из 15 против 4 из 15 случаев,  $p=0,04$ ), а также снижение дискомфорта у пациентов (боль на 3-й день 3,1 против 5,2 баллов,  $p=0,01$ ). Статистически значимых различий в достигнутой окончательной ширине челюсти между группами не выявлено ( $p=0,18$ ). Однако в цифровой группе наблюдалась тенденция к большему скелетному компоненту расширения (несколько большее раскрытие небного шва при меньшем наклоне зубов). Таким образом, прямое цифровое изготовление аппаратов позволяет достичь сопоставимых с традиционным методом результатов лечения сужения верхней челюсти у детей, одновременно улучшая ряд показателей процесса лечения и переносимости.

**Ключевые слова:** ортодонтическое лечение; сужение верхней челюсти; небный расширитель; 3D-печать; цифровая ортодонтия; дети

## Введение

Трансверзальное сужение верхней челюсти у детей – распространённая аномалия, приводящая к одностороннему или двустороннему перекрёстному прикусу и сопровождающаяся нарушениями окклюзии, дыхания и эстетики лица. По некоторым данным, недостаточная ширина верхней челюсти встречается

## MODERN EDUCATIONAL SYSTEM AND INNOVATIVE TEACHING SOLUTIONS

примерно у 20% детей. Стандартным методом коррекции данной патологии является ортодонтическое расширение верхней челюсти с помощью специальных аппаратов. Рапидное небное расширение (RPE) традиционно выполняется несъёмным винтовым устройством типа Нугах, которое фиксируется на зубах (обычно на первых молярах) и при ежедневной активации винта (~0,5 мм в сутки) постепенно раздвигает небный шов. Этот подход доказал эффективность в период роста, позволяя устранить перекрёстный прикус. Однако традиционная методика имеет ряд ограничений: требуются отиски и длительное лабораторное изготовление аппарата, возможны неточности прилегания из-за погрешностей слепка и усадки акрила, а пациенты нередко испытывают дискомфорт от громоздкого аппарата (нарушение дикции, раздражение нёба) и боли при быстром расширении.

Современное развитие цифровых технологий в ортодонтии открывает новые возможности для оптимизации лечения. Прямая 3D-печать ортодонтических аппаратов позволяет изготавливать индивидуально спроектированные конструкции высокой точности, минуя этапы отиска и классической лабораторной обработки. Цифровой рабочий процесс включает внутриротовое сканирование, компьютерное 3D-моделирование аппарата и его изготовление аддитивным способом (например, фотополимерная печать или лазерное спекание металла). В сфере небного расширения уже применяются 3D-печатные расширители – как несъёмные (индивидуальный каркас с винтом), так и съёмные (последовательные прозрачные каппы с поэтапной экспансией). Предполагается, что такие аппараты обеспечивают более точную посадку, равномерную передачу силы на кость и повышенный комфорт для пациента. Тем не менее, клинических данных по сравнению результатов цифровых и традиционных расширителей пока недостаточно.

**Гипотеза:** напрямую напечатанные небные расширители не уступают традиционным в эффективности расширения верхней челюсти у детей и могут снизить нежелательные эффекты лечения.

**Цель** – сравнить результаты лечения детей сужением верхней челюсти традиционным лабораторно изготовленным аппаратом и экспериментальным аппаратом, изготовленным методом прямой 3D-печати, по объективным показателям расширения и субъективной переносимости.

### Методы

Исследование проведено как рандомизированное контролируемое. В выборку включены 30 пациентов (средний возраст  $10,2 \pm 1,4$  года; 17 девочек, 13 мальчиков) с поперечным сужением верхней челюсти (наличие одностороннего или двустороннего перекрёстного прикуса). Пациенты случайным образом распределены на две группы по 15 человек:

- **Группа 1 (традиционная):** несъёмный аппарат Нугах, изготовленный по стандартной методике (альгинатный отиск, гипсовая модель, лабораторное изготовление). Аппарат фиксирован на первых молярах; активация проводилась 2 раза в день по ~0,25 мм (около 0,5 мм/сут).

**MODERN EDUCATIONAL SYSTEM AND INNOVATIVE TEACHING SOLUTIONS**

• **Группа 2 (цифровая):** индивидуальный расширитель, спроектированный по цифровому скану и изготовленный 3D-печатью из фотополимерного материала. После печати в каркас устанавливался стандартный винт. Фиксация и режим активации аналогичны группе 1.

Диагностическое обследование включало клинический осмотр и фотопротокол окклюзии, а также анализ моделей челюстей и рентгенограмм. На моделях (гипсовых в группе 1 или цифровых в группе 2) измеряли межмолярное расстояние (между первыми верхними молярами) и межканиновое расстояние (между верхними клыками) с точностью 0,1 мм. По данным рентгенографии (тelerентгенограмма в прямой проекции) определяли изменение ширины носовых ходов или базальной части верхней челюсти, отражающее раскрытие небного шва. На боковой ТРГ измеряли угол наклона коронки верхнего первого моляра к исходной плоскости (для оценки нежелательного наклона зубов при расширении). Субъективная оценка проводилась анкетированием: пациенты отмечали уровень боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ) на 3-й и 14-й день после начала активаций, а по завершении активного лечения заполняли опросник комфорта (наличие нарушений речи, затруднений при приёме пищи, раздражения мягких тканей, общая удовлетворённость).

Сравнительный анализ данных выполняли статистическими методами; различия считались значимыми при уровне  $p<0,05$ .

**Результаты**

Активный этап расширения (период ежедневных активаций винта) составил ~2 недели в обеих группах. В результате лечения перекрёстный прикус был полностью устранён у 100% пациентов. Средняя межмолярная ширина верхней челюсти увеличилась с ~47 мм до ~53–54 мм в обеих группах (прирост ~6,4 мм,  $p<0,001$  по сравнению с исходным уровнем). Различия между группами по величине расширения зубного ряда статистически недостоверны ( $p=0,18$ ), то есть обе методики оказались равнозначно эффективны в достижении требуемого расширения.

Рентгенологически оба метода обеспечили раскрытие небного шва. Ширина носовых ходов увеличилась на  $3,9\pm0,8$  мм в группе 1 и на  $4,5\pm0,9$  мм в группе 2 (тенденция к большему скелетному эффекту при 3D-аппарате,  $p=0,07$ ). Угол наклона верхних моляров (внешнее отклонение коронки) увеличился на  $7,8\pm2,1^\circ$  в традиционной группе против  $5,3\pm1,9^\circ$  в цифровой ( $p=0,02$ ). Это указывает на меньший зубоальвеолярный компонент расширения при использовании 3D-печатного аппарата.

Время изготовления аппаратов значительно сократилось при цифровом подходе: в группе 1 от снятия слепка до готового аппарата проходило ~7 дней ( $7,0\pm1,2$ ), тогда как в группе 2 – лишь ~2–3 дня ( $2,4\pm0,5$ ;  $p<0,001$ ). Все 15 (100%) 3D-печатных аппаратов точно подошли пациентам без дополнительной подгонки; напротив, в 4 случаях из 15 (27%) традиционных Нугах потребовалась коррекция прилегания ( $p=0,04$ ). Пациенты цифровой группы также избежали дискомфорта,

## MODERN EDUCATIONAL SYSTEM AND INNOVATIVE TEACHING SOLUTIONS

связанного с оттисками: ни у одного не возникло рвотного рефлекса при получении цифрового слепка, тогда как в группе 1 такое осложнение отмечено у 5 пациентов (33%).

Субъективные показатели переносимости лечения были лучше в группе 3D. Средний балл боли по ВАШ на 3-й день расширения составил  $5,2 \pm 1,9$  в группе 1 против  $3,1 \pm 1,5$  в группе 2 ( $p=0,01$ ). К 14-му дню боли практически отсутствовали в обеих группах ( $\leq 1$  балла). Нарушение речи (шепелявость) отмечали 53% пациентов с традиционным Нурагом и только 20% пациентов с 3D-аппаратом ( $p=0,05$ ). Другие аспекты комфорта (затруднённость жевания, раздражение языка/нёба) также реже отмечались в группе 2, хотя различия не достигли статистической значимости.

Серьёзных осложнений в ходе лечения не зарегистрировано ни в одной из групп. Незначительная асимметрия расширения выявлена у 1 пациента (7%) группы 1 (отставание одной стороны  $\sim 1,5$  мм, устранено продлённой активацией); в группе 2 подобных случаев не отмечено.

### Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что метод прямой 3D-печати расширяющих аппаратов не уступает традиционному подходу по эффективности исправления сужения верхней челюсти у детей. В обеих группах достигнут сопоставимый прирост поперечной ширины ( $\sim 6$  мм), достаточный для устраниния перекрёстного прикуса. В то же время, 3D-печатные аппараты продемонстрировали более физиологичный характер расширения. Отмечено меньшее наклонение опорных зубов и тенденция к большему раскрытию небного шва при цифровом подходе. Это можно объяснить более точной посадкой и высокой жёсткостью индивидуальной конструкции: аппарат плотнее охватывает зубы и лучше передаёт усилие на кость, тогда как стандартный Нураг может частично деформироваться или смещаться, вызывая наклон зубов. Наши данные согласуются с отдельными сообщениями, что персонализированные или модернизированные расширители способны улучшать ортопедический эффект по сравнению со стандартными устройствами.

Явным преимуществом цифрового метода является повышение комфорта пациента. В группе 3D зафиксирован более низкий уровень боли в начальный период расширения, что, вероятно, связано с более плавным воздействием силы и оптимизированной формой аппарата (меньше острых элементов, меньше давления на мягкие ткани). Также отсутствие этапа снятия оттисков и более компактный дизайн 3D-аппарата способствовали лучшей переносимости: дети избежали стрессовой процедуры слепков и практически не испытывали нарушений речи при лечении. Повышение комфорта и сокращение побочных неудобств, безусловно, улучшают сотрудничество юных пациентов и их качество жизни на время терапии.

С точки зрения клинической эффективности, цифровой рабочий процесс обеспечивает существенную экономию времени. Лечение можно начать практически сразу после диагностики, без недельного ожидания лабораторного изготовления. Это особенно важно в детском возрасте, позволяя сократить общий

**MODERN EDUCATIONAL SYSTEM AND INNOVATIVE TEACHING SOLUTIONS**

период терапии. Дополнительно, исключение подгонок аппарата экономит время и усилия врача. Конечно, внедрение 3D-технологий требует определённых начальных затрат и обучения персонала, однако в перспективе автоматизация многих этапов может снизить трудоёмкость и стоимость изготовления ортодонтических аппаратов.

К ограничениям настоящего исследования относятся относительно небольшой размер выборки и сравнительно короткий срок наблюдения (6 месяцев, включая ретенционный период). Для подтверждения выявленных преимуществ и оценки долгосрочной стабильности результатов необходимы дальнейшие исследования на более широкой выборке. Тем не менее, уже полученные данные демонстрируют, что непосредственные клинические исходы при использовании 3D-печатных расширителей не хуже, а по ряду параметров лучше, чем при классическом подходе.

**Заключение**

Метод прямой 3D-печати ортодонтических аппаратов для небного расширения у детей продемонстрировал высокую эффективность и ряд важных преимуществ по сравнению с традиционным подходом. Цифровой аппарат обеспечил столь же успешное устранение сужения верхней челюсти, как и классический Нугах. При этом отмечены следующие преимущества: более быстрое и точное изготовление, лучший комфорт для пациента и тенденция к большей ортопедической эффективности (меньший наклон зубов, более равномерное расширение). Цифровые технологии представляются перспективными для широкого внедрения в практику лечения поперечного сужения верхней челюсти у детей.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Микаэлян М. Э. HAAS 3D для коррекции прикуса у детей [Электронный ресурс] // Стоматологическая клиника «Вилма-Дент», 2023. URL: <https://blog/haas-3d-dlya-korrekcii-prikusa-u-detej/> (дата обращения: 10.10.2025).
2. Слепцова М. П. Аденоиды и их влияние на прикус ребенка [Электронный ресурс] // Стоматологический центр «Диал-Дент». URL: <https://dial-dent.ru/patient/articles/adenoidy-i-ix-vliyanie-na-prikus-rebenka.php> (дата обращения: 10.10.2025)[dial-dent.ru](https://dial-dent.ru).
3. Sharma Y., Suh H., Bianchi J. et al. Treatment outcomes of 3D-printed custom and conventional mini-implant assisted rapid palatal expanders (MARPE) // Progress in Orthodontics. 2025. Vol.26, Article 30.
4. Bocklet M., Ahmadi F., Tremont T. et al. Comparison of 3D-printed and laboratory-fabricated Hyrax on stress distribution and displacement of the maxillary complex: a 3D finite element study // Progress in Orthodontics. 2024. Vol.25, Article 11.
5. Pan B., MacIntosh D., Njie R. et al. The Effect of Upper Arch Expansion by Clear Aligners on Nasal Airway Volume in Children: A Preliminary Study // Applied Sciences. 2025. 15(4):2134[mdpi.com/2076-3417/15/4/2134](https://www.mdpi.com/2076-3417/15/4/2134)

## MODERN EDUCATIONAL SYSTEM AND INNOVATIVE TEACHING SOLUTIONS

6. 3D-печать в стоматологии: Преимущества и применение [Электронный ресурс] // Компания «3DVision», блог, 05.10.2022. – URL: <https://blog/primenenie-3d-pechati-v-stomatologii/> (дата обращения: 09.10.2025).
7. Palatal expander approved! // BDJ In Practice. 2025. Vol.38, p.170 [nature.com](#).
8. Andrade I. Jr. 3D-Printed vs Conventional Hyrax Expanders for Maxillary Expansion (клиническое исследование) [Электронный ресурс] – информация с портала [withpower.com](http://withpower.com), 2025 [withpower.comwithpower.com](http://withpower.comwithpower.com).
9. Список опубликованных работ, относящихся к исследованию 3D-Printed vs Conventional Hyrax ... [Электронный ресурс] – [withpower.com](http://withpower.com), 2025

